Tijdschrift van het

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

DEEL 31 Nr. 12 1966

Micro-elektronica

door L. P. J. Veelenturf *)

Slot

IV. Het belang van de micro-elektronica**)

Het belang van de micro-elektronica hangt samen met enkele specifieke eigenschappen van dit type elektronische schakelingen, zoals (in vergelijking met de conventionele schakelingen):

1. de hogere betrouwbaarheid,
2. de lagere kostprijs,
3. de kleinere afmetingen,
4. het kleinere gewicht,
5. de kortere vertragingstijden,
6. het eenvoudige onderhoud,
7. het lagere energieverbruik,
8. de mogelijkheid van standaardisatie van elektronische schakelingen.

Van de genoemde eigenschappen kan niet gezegd worden, dat zij alle zonder meer voordelen zijn van de micro-elektronische schakelingen. Kleine afmetingen bv. zijn niet in alle situaties gunstig, terwijl een laag energieverbruik direct gekoppeld is aan beperkingen van de vermogensversterking. Andere inherente beperkingen van micro-elektronische schakelingen zijn besproken in een vorig hoofdstuk. Bovenstaande eigenschappen zullen in de volgende paragrafen nader worden besproken.

---

*) Technische Hogeschool Twente.

**) De literatuurlijst is opgenomen na het eerste gedeelte van dit artikel, pag. 205.

IV-1 *De hogere betrouwbaarheid.*

Als maat voor de levensduur wordt gebruik gemaakt van het begrip betrouwbaarheid (R). Deze betrouwbaarheid is gedefinieerd als waarschijnlijkheid dat een systeem, werkend onder bepaalde voorgeschreven condities, binnen een zekere tijd niet zal uitvallen. Hier hangt direct mee samen de zg. uitvalconstante of failure rate γ. De uitvalconstante γ is gedefinieerd als de fractie van het totale aantal nog werkende systemen of componenten welke per tijdseenheid uitvallen, zodat $\frac{1}{\gamma} = m =$ Mean Time Between Failure (MTBF). De uitvalconstante voor vele elektronische componenten heeft een verloop als geschetst in fig. 22. Voor het gebied waar γ constant is geldt: R (Reliability) $= e^{-\gamma t} = e^{-\frac{t}{m}}$.

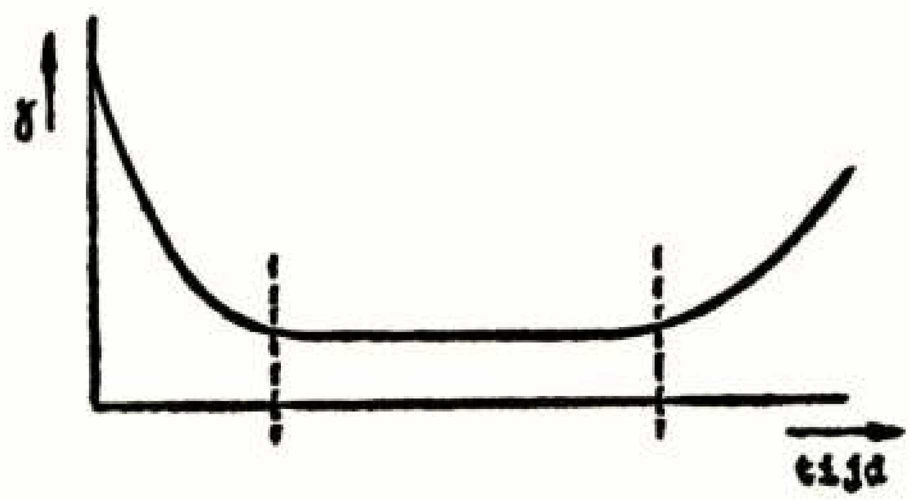


Fig. 22
De uitvalconstante γ als functie van de tijd

Vergelijken we nu de betrouwbaarheid van een conventionele flip-flop opgebouwd uit conventionele componenten met een flip-flop in de geïntegreerde monolitische vorm.

Conventionele vorm:

aantal comp.	componenten	failure rate γ % per 1000 h	totale γ % per 1000 h
2	transistoren	0,05	0,1
4	condensatoren	0,002	0,008
12	weerstanden	0,002	0,024
2	diodes	0,01	0,02
20	verbindingen	0,001	0,02
			$\Sigma\gamma = 0{,}172$

zodat de betrouwbaarheid voor 100.000 h gelijk is aan 0,828.

Geïntegreerde monolitische vorm:

aantal comp.	componenten	failure rate γ % per 1000 h	totale γ % per 1000 h
1	mon. geïntegreerde flip-flop	0,06	0,06
4	verbindingen	0,001	0,004
			$\Sigma\gamma = 0{,}064$

zodat de betrouwbaarheid voor de monolitische geïntegreerde flip-flop voor 100.000 h gelijk is aan 0,936, dus aanmerkelijk beter.

De oorzaken van een grotere betrouwbaarheid van micro-elektronische schakelingen in vergelijking met conventionele schakelingen met discrete componenten zijn de volgende.

a. Het kleinere aantal verbindingen.

Veelal is het minst betrouwbare deel van een conventionele elektronische schakeling, het grote aantal verbindingen tussen de componenten, welke afzonderlijk worden aangebracht. Bij micro-elektronische schakelingen daarentegen verhogen de ingediffundeerde of opgedampte verbindingen de failure rate van de schakelingen bijna niet.

b. De grotere schok- en vibratie-bestendigheid.

Aangezien de massa van micro-elektronische schakelingen vele malen kleiner is dan die van de conventionele schakelingen, kan de schok- en vibratie-bestendigheid groter zijn. De compacte opbouw draagt hier eveneens veel toe bij. Versnellingen tot 20.000 g worden zonder nadelige gevolgen doorstaan [15]).

c. De betere bescherming tegen uitwendige invloeden.

De kleine afmetingen en de technologische configuratie van micro-elektronische schakelingen maken een effectieve bescherming tegen uitwendige invloeden op eenvoudige wijze mogelijk (SiO_2-coating, omhullingen).

d. De mogelijkheid van het inbouwen van redundantie.

Het aanbrengen van extra componenten in micro-elektronische schakelingen kan in het algemeen zonder veel extra kosten geschieden, zodat bv. parallelwegen kunnen worden uitgevoerd, waardoor de betrouwbaarheid wordt vergroot.

e. De kans op imperfectie in het grondmateriaal is klein.

Hoe kleiner de afmetingen van het basismateriaal voor een schakeling zijn, des te kleiner is de kans op een imperfectie in dat materiaal. Dit aspect bepaalt mede de grens van de maximale afmetingen van een monolitische schakeling.

IV-2 *De lagere kostprijs*

a. De lagere kostprijs van de bouwsteen

De belangrijkste factor hierbij is wel de mogelijkheid van parallel-produktie van identieke schakelingen en van verschillende componenten in deze schakelingen tijdens het fabricageproces. Dit geldt in het bijzonder voor de monolitische techniek. Hierbij worden op één slice van ongeveer 2 à 3 cm diameter 200 à 1000 schakelingen met elk 10 à 50 componenten in de achtereenvolgende fazen van het produktieproces gelijktijdig gefabriceerd. Het fabricageproces van monolitische schakelingen leent zich daarnaast bijzonder goed voor automatisering. Massaproduktie zou de kosten nog meer kunnen drukken; echter als gevolg van de specifieke funkties van de schakelingen is de afzetmarkt klein en massaproduktie derhalve niet altijd verantwoord.

Ter illustratie is in onderstaande tabel een hypothetische kostenvergelijking gegeven van de produktie van transistoren op conventionele wijze en de produktie van transistoren in geïntegreerde vorm ([1]), paper 33).

		Transistoren	*Geïntegreerde schakelingen*		
			3 tr/unit	10 tr/unit	30 tr/unit
Slice-kosten*	$	15.—	26.—	26.—	26.—
Aantal units/slice		2000	1000	500	200
Opbrengst		75%	60%	50%	30%
Kosten/unit	$	0.01	0.033	0.08	0.33
Kosten omhulling	$	0.03	0.05	0.06	0.07
Kosten v. assemblage + testen	$	0.15	0.19	0.20	0.25
Unit-kosten	$	0.19	0.273	0.34	0.65
Kosten/transistor	$	0.19	0.091	0.034	0.022

* In de slice-kosten zijn begrepen de kosten van het fotolithografische en diffusie-proces.

Uit nevenstaande kostenvergelijking blijkt duidelijk het financiële voordeel van de produktie van transistoren in geïntegreerde vorm.

b. De lagere kostprijs van systemen opgebouwd uit micro-elektronische bouwstenen

De kosten van het assembleren, bedraden en testen van micro-elektronische systemen zijn veel lager dan bij de conventioneel opgebouwde systemen. Het aantal op zichzelf staande elementen is nl. bij micro-elektronische systemen veel kleiner. Bij Fairchild werd een bepaald type digitale rekenmachine zowel op conventionele wijze als met micro-elektronische bouwelementen ontworpen. De resultaten zijn in fig. 23 weergegeven. De getallen in deze figuur zijn vergelijkingsgetallen. Men verwacht, dat schakelingen uitgerust met MOS-transistoren, de prijs nog eens met een factor 10 kunnen doen dalen [16]). Op dit moment zijn 100 bit- schuifregisters van General Micro-Electronics Inc. in de handel voor een prijs van $ 52.00, welke zijn opgebouwd uit „Metal Oxyde Semiconductor Integrated Circuits" [17]).

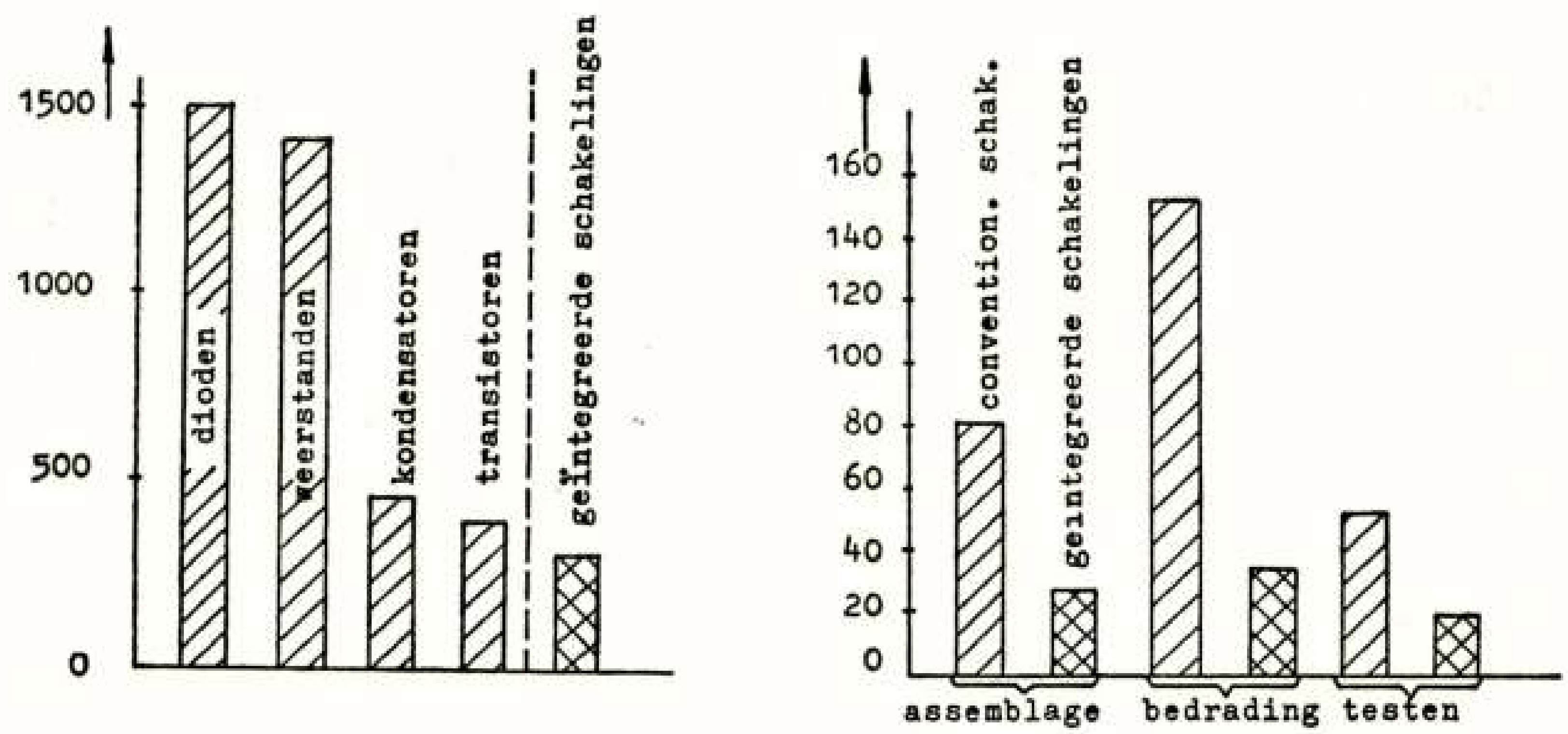


Fig. 23

A. Kosten der onderdelen B. Kosten van de fabricage

Vergelijking der kosten van een bepaalde rekenmachine, op conventionele wijze en met micro-elektronische bouwelementen samengesteld.

IV-3 *De kleinere afmetingen*

De complexiteit afgemeten naar het aantal componenten van elektronische apparatuur, heeft een „dubbel"-waarde tijd van 10 jaar [18]). Daarnaast stijgt jaarlijks het gebruik van de elektronische uitrusting in praktisch alle sectoren van de maatschappij.

De reduktie van de afmetingen wordt steeds meer een stringente eis (scheepvaart, luchtvaart, ruimtevaart enz.). Het streven om de opslagkosten van elektronische reserve-onderdelen te verminderen, vraagt eveneens om een meer kompakte opbouw van de elektronische systemen. De intrede van de micro-elektronische schakeling betekent dan ook in dit opzicht een belangrijke fase in de ontwikkeling van de elektronische systemen. Terwijl de buistriode van vóór de oorlog een volume innam van ca. 0,5 dm^3, is men thans in staat om 50 planaire Si-transistoren onder te brengen in 0,1 mm^3. Eenzelfde aantal MOS-transistoren vraagt nog maar slechts 5% van dit volume [16]). Een vergelijkend overzicht is gegeven in de volgende tabel.

Type schakeling	Aantal componenten per dm^3
Conventionele buisschakeling	2.10^2
Conventionele transistorschakeling	2.10^3
„Micro-moduls"	2.10^4
„Thin-film" schakelingen	4.10^4
Monolitische schakelingen	4.10^5
MOS geïntegreerde schakelingen	4.10^7

Een belangrijke factor die de afmetingen van „integrated circuits" doet dalen, is de fabricage-technische irrelevantie welke component men in het geïntegreerde circuit inbouwt. Zo kunnen weerstanden van 20.000 Ω, die in de conventionele geintegreerde schakelingen een oppervlakte vereisten van 0,2 mm^2, nu zonder financiële offers vervangen worden door MOS-transistoren, die een oppervlakte van $0,6 \times 10^{-3}$ mm^2 benutten en een instelbare „channel"-weerstand tot 100.000 Ω kunnen leveren.

Daarnaast zien we, dat nieuwe karakteristieke eigenschappen van componenten in micro-elektronische schakelingen de mogelijkheid geven dezelfde funktie van een schakeling met minder componenten ten uitvoer te brengen (bv. 2 MOS-transistoren ter vervanging van een bepaald type bistabiele multivibrator), hetgeen eveneens bijdraagt tot een reduktie van de afmetingen.

De grenzen gesteld aan een verdere miniaturisering worden op het moment in belangrijke mate bepaald door de moeilijkheid van een nog kunnen bevestigen van de aansluitdraden. Recente onderzoeken beloven echter een mogelijke oplossing van dit probleem door middel van optische koppeling[13]). Onderzoekingen vinden plaats op het gebied van de opto-elektronische koppe-

ling door middel van „light pipes" [14]). Het uitlezen van de MOS-geheugens met behulp van laser-stralen lijkt tot de mogelijkheden te behoren.

IV-4 *Het kleinere gewicht*

Aan de kleine afmetingen van de micro-elektronische schakelingen is inherent het kleinere gewicht, hetgeen voor de gebruiker van elektronische apparatuur van direct belang kan zijn (ruimtevaart). Een reduktie van het gewicht van de componenten is, vooral gezien de toenemende complexiteit van elektronische apparatuur en het toenemend gebruik van deze apparatuur, noodzakelijk. Zo heeft het gewicht van een conventioneel elektronisch systeem in vliegtuigen een "dubbel"-waarde tijd van drie jaar. Het *totale* elektronische systeem in oorlogsschepen inclusief onderhoudspersoneel en service-apparatuur, geeft een bijdrage in het gewicht van ruwweg 10 ton. Het belang van kleiner gewicht van elektronische apparatuur in ruimtevaartschepen behoeft geen nader betoog.

IV-5 *De kleinere vertragingstijden*

Tengevolge van parasitaire capaciteiten tussen de componenten in monolitische geïntegreerde schakelingen liggen de operationele grensfrequenties thans nog beneden die van overeenkomende conventionele schakelingen. Het toepassen van nieuwe technieken (EPIC, gebruik van MOS-transistoren e.d.) wettigt evenwel de verwachting, dat de grensfrequenties van micro-elektronische schakelingen hoger zullen komen te liggen dan die van conventionele transistorschakelingen. Immers, de kortere verbin-

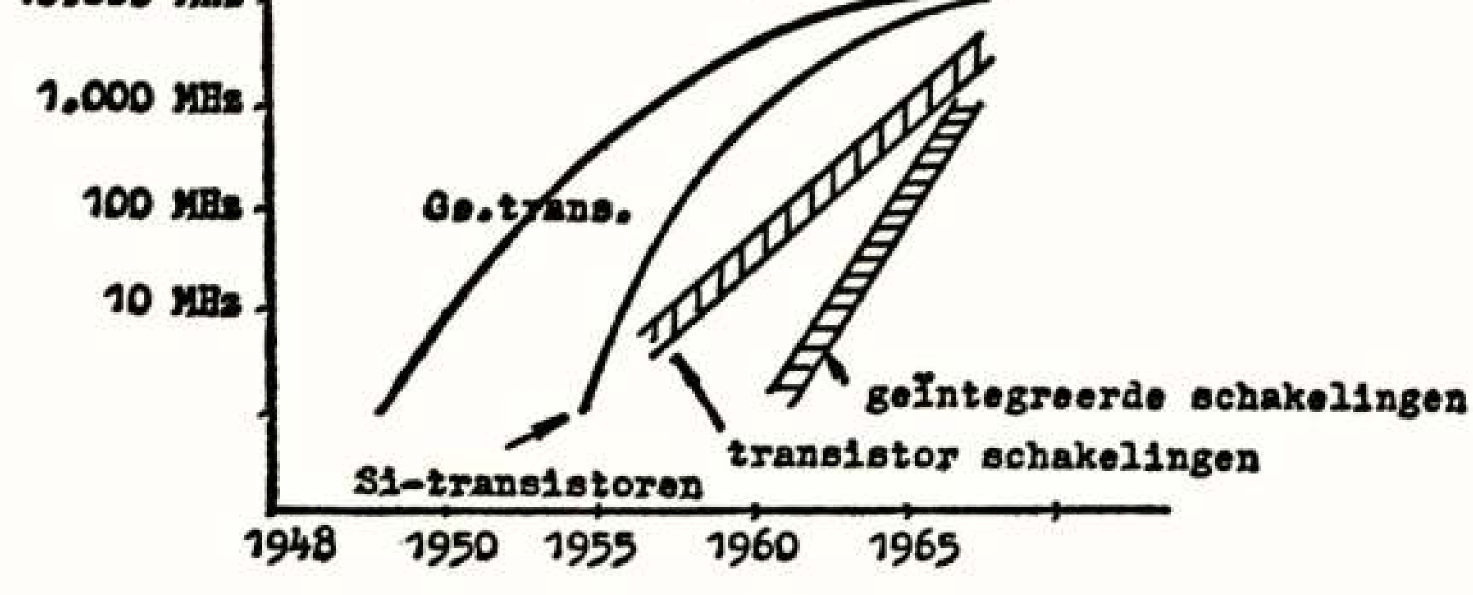


Fig. 24
Historische ontwikkeling van de hoogst bereikbare frequentie

dingen tussen de componenten betekenen kleinere capaciteiten en zelfinducties en dus kortere vertragingstijden. Tevens dragen de kleinere afmetingen van de componenten zelf bij tot de reduktie van de parasitaire effecten.

Een overzicht van de historische ontwikkeling in verband met de grensfrequenties is gegeven in fig. 24 [2]), [19]).

IV-6 *Het eenvovdiger onderhoud*

Tengevolge van de toegenomen complexiteit van de elektronische systemen is het lokaliseren van defecte componenten een kostbare en tijdrovende bezigheid geworden. Bij systemen uitgerust met micro-elektronische schakelingen beperken de herstelwerkzaamheden zich tot het lokaliseren en vervangen van de defecte units. Bovendien biedt apparatuur uitgerust met microelektronische units, de mogelijkheid tot het inbouwen van „faultfinding-monitoring circuits", zodat het „scannen" beperkt kan blijven tot deze units. Tengevolge van de kleine afmetingen van deze units is het in voorraad hebben van reserve-units, wat betreft de vereiste opslagruimte, een minder kostbare zaak geworden.

IV-7 *Het lage energieverbruik*

Het energieverbruik van de micro-elektronische schakelingen is vergelijkbaar met (of lager dan) dat van conventionele transistorschakelingen, hetgeen het bekende voordeel ten opzichte van buisschakelingen levert van verminderde koelproblemen. Tengevolge van de kleine afmetingen is de vermogensdissipatie in het algemeen kleiner dan in conventionele transistorschakelingen, hetgeen zijn directe consequenties heeft voor de "fan-out" en het afgegeven vermogen. Vergroting van de oppervlakken der componenten zou in dit opzicht verbetering geven, waar echter o.a. een reduktie van de levensduur tegenover staat. Laat men echter hoge temperaturen toe, dan zal eveneens de levensduur afnemen. Gelet op deze aspekten, is er dus een optimum voor het oppervlak der componenten. Veel aandacht wordt thans besteed aan vloeistof-koeling; o.a. wordt gebruik gemaakt van het zg. "nucleate boiling"-principe ([1]), paper 9).

IV-8 *De mogelijkheid van standaardisatie van elektronische schakelingen*

Het ontwerpen van micro-elektronische schakelingen geschiedt op dit moment nog meestal analoog aan de wijze, waarop conventionele schakelingen werden samengesteld, nl. afgestemd op de specifieke en beperkte (door de klant verlangde) te verrichten funktie. Standaardisatie van schakelingen was in principe reeds mogelijk bij de conventionele schakelingen, doch een dwingende noodzaak hiertoe ontbrak, zodat standaardisatie nooit tot stand is gekomen. De intrede van de micro-elektronica heeft de situatie echter duidelijk gewijzigd. Meerdere argumenten zijn te noemen, die pleiten voor een ommezwaai in de „denkdiscipline" van de „Micro-electronic-circuit-designer". Hij zal de schakeling meer als pure component dan als schakeling moeten gaan zien, meer als „black box" dan als een specifiek en intelligent netwerk van componenten.

Het meest realistische argument hiervoor is wel de noodzaak van een bedrijfseconomische produktie van grote aantallen identieke, universeel bruikbare „black boxes". Dit zal echter eveneens van de klant een andere mentaliteit vragen. Ook hij zal moeten leren zijn elektronische apparatuur te ontwerpen met gestandaardiseerde „black boxes". Overigens zal de gebruiker degene zijn, die op den duur steeds meer zal aandringen op standaardisatie. Immers, om een willekeurige defecte micro-elektronische „unit" in zijn apparatuur te kunnen vervangen, zal hij het enerzijds noodzakelijk en anderzijds economisch onverantwoord achten om een uitgebreide voorraad van verscheidene units van verschillende merken aan te leggen. Deze onontkoombare ontwikkeling zal leiden tot de noodzakelijke grotere eenheid van schakelingen en een systematischer benadering mogelijk maken in de sector van de "electronic design".

V **Micro-elektronica en systeemtechniek**

De enorme groei in het aantal verschillende elektronische schakelingen, waarvan vele in principe onderling weinig of niet verschillen, heeft geleid tot een schier onverantwoorde chaos in de sector van de „electronic design". Duplicering van theoretisch en experimenteel onderzoek zowel aan de kant van de ontwerper als aan de zijde van de gebruiker, wordt ervaren als een rem op een essentiële expansie in dit gebied.

De pluriformiteit van elektronische units staat tevens een ontwikkeling van de architectuur, de dimensionering en de bouw van grote complexe systemen in de weg. Daar de micro-elektronica zich enerzijds juist concentreert op complete elektronische schakelingen en daar zij anderzijds om redenen van economische produktie zich zou willen richten op een grotere uniformiteit van units, schijnt deze ontwikkeling in de micro-elektronica parallel te lopen met de groeiende behoefte aan een meer systeem-technische benadering van elektrische systemen. Zo gelden eisen als uniforme karakterisering en standaardisering van elektronische schakelingen zowel binnen de micro-elektronica als binnen de systeem-techniek. Het zal de taak van de systeem-techniek zijn, o.a. dit soort eisen duidelijk te definiëren en de wensen van de gebruikers betreffende funkties van elektronische systemen te kanaliseren en te herleiden tot een omschreven samenspel van uniforme micro-elektronische elementaire units: funktiecellen.

Manuscript ontvangen 7 juli 1966.

BOEKAANKONDIGING

Characteristics and Limitations of Transistors, door R. D. Thornton, D. De Witt, P. E. Gray and E. R. Chenette. 180 blz., 75 fig. Uitg. J. Wiley & Sons Ltd., London. 1966. Prijs 34 s.

VARIA

PTT in perspectief

Het Tijdschrift voor Efficiëntie en Documentatie heeft het ruim honderd bladzijden tellende nummer jaargang 36, nummer 12, november 1966, geheel gewijd aan PTT. Een aantal medewerkers van het bedrijf geven hierin hun visie op de toekomst.

Losse exemplaren van dit PTT-nummer zijn à *f* 6,— verkrijgbaar bij het Nederlands Instituut voor Efficiency (NIVE), Parkstraat 18, Den Haag.

Kleurentelevisie

Het populair-wetenschappelijke maandblad Radio Electronica zal in een serie artikelen de kleurentelevisie-techniek bespreken. Het eerste artikel in deze serie verscheen in 14e jaargang, no. 10, oktober 1966, pag. 916-932. Hierin wordt op duidelijke wijze de colorimetrie besproken.

Siemens Aktiengesellschaft

De verschillende Siemens-ondernemingen, Siemens-Schuckert-Werke AG, Siemens-Reiniger-Werke AG en Siemens & Halske AG zijn sinds 30 september 1966 verenigd tot één firma met de naam Siemens Aktiengesellschaft. De snelle technische ontwikkeling, waarbij de scheiding van sterkstroom en zwakstroom niet meer zinvol is, heeft tot deze concentratie geleid.

Het aantal personeelsleden van Siemens AG, de grootste particuliere werkgever in de Duitse Bondsrepubliek, bedraagt thans 258.000, waarvan 35.000 in het buitenland. Per jaar wordt ongeveer een half miljard mark uitgegeven voor onderzoek en ontwikkeling.

ITU-Conferentie voor de omroep in Afrika

Van 19 september tot 8 oktober 1966 is in Genève een Afrikaanse Omroepconferentie gehouden onder voorzitterschap van Mr. Alpha Diallo van de Republiek Guinea. Er is door 36 delegaties van Afrikaanse landen een overeenkomst getekend, waarbij aan meer dan 800 omroepstations in de middengolf-band de te gebruiken frequenties zijn toebedeeld. De frequentieband van 525 tot 1605 kHz is verdeeld in 121 kanalen, ieder overeenkomend met de in Europa gebruikte kanalen.

Voor de kortegolf-band en FM was reeds in 1963 een overeenkomst gesloten. Voor de langegolf-band, van 150 tot 285 kHz, bleken op het ogenblik nog geen speciale maatregelen nodig.

„Funk-Entstörmittel" van Siemens & Halske

Siemens & Halske AG. heeft een boekje samengesteld, getiteld: Funk-Entstörmittel, uitgave 1966. Hierin zijn uitvoerige gegevens bijeengebracht van alles wat deze Maatschappij in de handel brengt betreffende ontstoringsmiddelen: condensatoren, smoorspoelen, afgeschermde cabines, absorberende materialen, doorvoerelementen, apparaten voor het meten van storingen enz. Wie met storingsproblemen te doen heeft, zal in dit meer dan 200 bladzijden bevattende boekje wel vinden wat hij nodig heeft. Men kan het aanvragen bij: Nederlandsche Siemens Maatschappij N.V., Huygespark 38-39, Den Haag.

Het electroretinogram

Om een inzicht te verkrijgen in de werking van het menselijk oog, in het bijzonder om na te gaan op welke wijze de prikkels, die het netvlies ontvangt, naar de hersenen worden overgebracht, is in het Institute of Ophthalomology in Londen onder leiding van Dr. Geoffrey Arden een apparaat ontwikkeld, waarmee een electroretinogram kan worden verkregen. Dit vervult voor het oog dezelfde functie als een electrocardiogram voor het hart of een electroencephalogram voor de hersenen. Door elektroden aan te brengen op de oogleden, op de schedel, of door middel van een contactlenselektrode op het oog zelf, kan men de stromen verkrijgen, die voor het elektroretinogram nodig zijn.

PERSONALIA

Directeuren Philips' Natuurkundig Laboratorium

Omdat de heren Ir. H. Rinia en Dr. E. J. W. Verwey wegens het naderen van de pensioengerechtigde leeftijd hun functie aan het einde van 1966 zullen neerleggen, zal met ingang van 1 januari 1967 het directeurschap van het Philips' Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven door onderstaande vier heren worden uitgeoefend.

Dr. Ir. A. E. Pannenborg, voorzitter; elektronisch en mechanisch onderzoek;
Dr. E. F. de Haan, toegepaste natuurkunde (in het bijzonder elektronische bouwelementen);
Prof. Dr. G. W. Rathenau, fundamentele en vaste stof fysica;
Dr. H. J. Vink, chemisch- en materialen-onderzoek.

Ir. H. Rinia neemt afscheid



Op 1 januari 1967 legt Ir. Rinia zijn functie als directeur van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips neer.

Op 30 maart 1905 is Rinia in Kornwerd in de provincie Friesland geboren. Hij studeerde in Delft, waar hij in 1928 het diploma van electrotechnisch ingenieur behaalde. Op 2 november 1928 werd hij aangesteld als wetenschappelijk medewerker van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips. Het laboratorium telde toen nog pas 45 academici; toen hij in 1946 directeur werd, waren het er ca. 150; nu zijn het er ca. 400. Deze groei is bevorderd door de uitbreiding van het arbeidsveld van het laboratorium, waarvoor de veelzijdigheid van een vindingrijk ingenieur als Rinia — hij heeft ca. 120 octrooien op zijn naam staan — een grote stimulans vormde.

In samenwerking met collega's en bijgestaan door bekwame assistenten heeft Rinia op vele gebieden succesvol gewerkt. In het hier volgend overzicht zullen ons zeker belangrijke aspecten van zijn bijzonder actieve loopbaan ontgaan.

Zijn eerste werkzaamheden brachten hem al in contact met wat toen beeldradio heette, en later televisie zou worden. De toepassingsmogelijkheden van fotocellen werden aan een electronische hond gedemonstreerd (voor een radiotentoonstelling in het Kurhaus). Bij de oude Baird-televisie werd het beeld met gasontladingsbuisjes

overgebracht, en het is dus geen wonder dat twee vroege octrooien van Rinia handelen over speciale glimlampen. Hij verzon toen ook al een methode om door de lijnen niet in hun originele volgorde, maar bijv. 147 258 369 uit te zenden, de eventuele effecten van fading tegen te gaan.

Na korte tijd kwam er verandering in de interessen. De toekomst van de televisie scheen nog wat te ver af; Rinia ontplooide toen een grote activiteit met betrekking tot de radio-ontvanger. We zien in deze periode tientallen octrooiaanvragen (waarvan de meeste ook zijn verleend), in het bijzonder betreffende spoelen en schakelingen. De door Rinia aangegeven constructie van spoelen gaf bij Philips aanleiding tot de term „superinductie". Andere vindingen lagen op het gebied van gestabiliseerde gelijkstroomvoedingsapparaten met lage inwendige weerstand.

Een groep amateur-astronomen, waaronder Rinia, hield zich sinds 1934 bezig met het slijpen van spiegels. Nadat een 30 cm glasspiegel met succes was vervaardigd, begon men met chroomijzer-glasverbindingen te experimenteren. Dr. A. F. Philips was zo ingenomen met de resultaten, die deze Eindhovense groep bereikte, dat hij de gelden beschikbaar stelde voor de Eindhovense Sterrewacht. Prins Bernhard kwam in 1937 hiervoor de eerste steen leggen.

Omstreeks 1938 voelde men de behoefte aan een eenvoudig aggregaat om een radio te laten spelen in de rimboe, waar nog geen electriciteit aanwezig was. Rinia en anderen brachten hiervoor wat ideeën naar voren. Hierbij bleek de heteluchtmotor thermodynamisch het gunstigst te liggen. Het gevolg was, dat men eens serieus ging bekijken, waarom vroegere heteluchtmotoren — de Stirling-motor was al sinds 1817 bekend — zo'n slecht rendement hadden. Tijdens dit onderzoek kwamen allerlei nieuwe ideeën naar voren, die tot meer dan twintig octrooien van Rinia leidden. Alles ging niet van een leien dakje. De eerste, door Leblans vervaardigde heteluchtmotor werkte al direct, maar slechts tot hij warm liep. Eerst door taaie volharding werden goede resultaten bereikt.

De ontwikkeling van de kathodestraalbuis had inmiddels geleid tot nieuwe mogelijkheden voor de televisie, waarin Rinia opnieuw werd betrokken. De kwaliteit van de iconoscoop-opnamebuis liet nog te wensen over; met de schijf van Nipkow bereikte Rinia een beter resultaat. Allerlei mechanische problemen moesten hierbij worden opgelost. Het fabriceren van groot formaat televisiebuizen, zoals de toestellen die nu hebben, was toen nog niet zo gemakkelijk. Rinia's astronomische interesse deed hem hierbij denken aan de Schmidt-camera, een in 1931 gevonden instrument. Hierbij was het vervaardigen van preciese correctieplaten een grote moeilijkheid. Men zegt, dat een gelatinepudding, waarmee mevrouw Rinia aan een zomerse maaltijd in 1939 een feestelijk accent gaf, bij haar echtgenoot de gedachte deed opkomen, correctieplaten uit gelatine te vervaardigen. Dit geschiedde dan ook met veel succes.

Een ander onderwerp uit de oorlogsjaren was het zg. facsimile, een idee van Holst om na de oorlog het internationale briefpostverkeer over te nemen van de postvliegtuigen. Het gelukte Rinia en zijn medewerkers een kantje A4 formaat in acht seconden over te

brengen bij een bandbreedte van 100 kHz. Het systeem werd in 1946 met succes vertoond tijdens de conferentie „Freedom of information" in het Volkenbondpaleis te Genève. Tot productie werd echter niet besloten.

Op 1 juni 1946 trad professor Holst af als directeur van het laboratorium en ging de directie over op een driemanschap: Professor Casimir, dr. Verwey en ir. Rinia. Door de groei van het laboratorium verminderde het directe contact van de directeur met de afzonderlijke onderzoekers. Langzamerhand kwamen allerlei vakgebieden onder de dagelijkse leiding van adjunct-directeuren. Tot de onderwerpen over het onderzoek waarvan Rinia de leiding had, behoorden o.a. radio, telecommunicatie, televisie, huishoudelijke apparaten, heteluchtmotoren en koudgas koelmachines, akoustiek, meet- en regeltechniek.

Groepsleiders, die rechtstreeks met Rinia als directeur werken, genieten een grote mate van vrijheid, maar hij staat altijd klaar als er problemen zijn, hetzij in het technische, hetzij in het menselijke vlak. Diepe indruk maakt hij altijd door zijn grote kennis van de gewone dingen. Dat ligt misschien voor de hand op electrotechnisch gebied, maar is ook zo, als bijv. even op het bord de luchtverplaatsing door een schoorsteentje moet worden geschat, enz.

De octrooien van Rinia bleven ook in deze periode niet achterwege, o.a. over een pulsfrequentiemodulatie-systeem, met teller-detectie; over het gebruik van lopende golf-buizen in superregeneratieve ontvangers; vele op het gebied van heteluchtmotoren. Hier werd het eerste grote succes merkwaardigerwijs bereikt, toen men de kringloop in omgekeerde richting liet doorlopen, en aldus een zeer efficiënte koelmachine construeerde. Op televisiegebied stimuleerde Rinia de grootbeeld kleurenprojectie, waarbij zijn ervaring met de Schmidt-camera zijn nut afwierp. In het algemeen heeft Rinia gezorgd, dat veel energie besteed kon worden aan kleurentelevisie. Hij had ook mede de hand in de beslissing, het televisiecamera-onderzoek te leiden in de richting van de vidiconachtige opneembuis, liever dan het image-orthicon type, wat toen het gevoeligst was. Zoals bekend werd dit onderzoek later bekroond met het plumbicon.

Een initiatief van Rinia was de vorming van een mechanische groep, rond 1950. Voordien had men zich wel met mechanische problemen beziggehouden, bijv. in het kader van het materiaalonderzoek, maar van toen af gebeurde het systematisch en met een groter aantal onderzoekers. Als men weet, dat Rinia thuis een draaibank heeft, en alles wat aan zijn auto gebeurt, met Argus-ogen volgt, zal men er zich niet over verbazen, dat het mechanische werk nogal eens zijn speciale belangstelling had. Zo heeft hij de wervelstroomkoppeling voor de beweging van de grote antenne in Dwingelo gesuggereerd. Ook de grote Foucault-slinger, welke Nederland aan het gebouw der Verenigde Naties te New York aanbood, dankt veel aan Rinia's interesse, waarbij zijn kennis van de astronomische literatuur uitstekend te pas kwam. Naar aanleiding van discussies over de ultracentrifuge kwam Rinia op het idee van de spiraalvormige lagers. Dit onderzoek leidde tot het proefschrift van ir. Muyderman.

Bij het oplossen van mechanische problemen kiest Rinia nogal eens

de weg over het analoge electrotechnische probleem, waarvan hij de oplossing sneller bij de hand heeft. Zoals te verwachten kunnen de mechanische grootheden dan wel eens niet zo snel worden veranderd als hun electrische aequivalenten. Dit veroorzaakt wel eens een stimulerend ongeduld.

Van het moment af, dat de eerste commerciële electronische rekenmachine verscheen, heeft Rinia de ontwikkeling hiervan nauwlettend gevolgd en al spoedig heeft hij enkele ingenieurs opdracht gegeven, zich met de daarmee samenhangende problemen bezig te houden. Begin 1957 werd de groep vergroot, om een electronische rekenmachine voor wetenschappelijk gebruik te ontwikkelen. Dit getuigde van visie en ondernemingsgeest, want toen waren velen nog van oordeel, dat computer-activiteiten voor Philips slechts interessant waren als leverancier van onderdelen. Achtereenvolgens ontstonden PETER (Philips Experimentele Tweetallige Electronische Rekenmachine), PASCAL (Philips Automatic Sequence CALculator) en STEVIN (Snel Tel En Vermenigvuldigings INStrument). Een geheel getransistoriseerde versie van de PASCAL werd P3 genoemd.

Naast een grote interesse in de voortgang van het werk vond Rinia nog tijd om zich actief met enige delen ervan bezig te houden. Zijn belangstelling ging daarbij speciaal uit naar de mechanische en electromechanische apparatuur, zoals trommelgeheugens, ponsbandlezers, pneumatische logica e.d.

Behalve octrooien op het gebied van geheugentrommels vinden we in deze periode ook octrooien op een thermisch cryotron, op het gebruik van ferroxplana in trillingsopnemers, en op het gebruik van spiegelbrons in combinatie met ferriet in magnetofoonkoppen. Een octrooi op een methode voor het vervaardigen van diffusietransistoren met kleine collectorcapaciteit getuigt nog eens te meer van Rinia's veelzijdige interesse.

Tijdens Rinia's directeurschap werd het laboratorium in Strijp, ondanks diverse uitbreidingen, te klein voor het groeiend aantal onderzoekers. Plannen werden gemaakt voor een nieuw groot laboratorium op een terrein in de gemeente Waalre, aan de zuidgrens van Eindhoven. De eerste hoogbouw werd feestelijk betrokken in 1963; de tweede zal volgend jaar gereed komen. Het is duidelijk, dat ook deze zaken veel van de aandacht van een directeur eisen. Daarnaast trokken vele Philips-instanties profijt van Rinia's waardevolle adviezen, zo bijv. de huishoudelijke apparaten-fabriek in Drachten (o.a. in verband met de Philishave).

In 1947 werd Rinia lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Hij is lid van het dagelijks bestuur van de Stichting „Radiostraling Zon en Melkweg" en bestuurslid van het Benelux Kruisantenneproject. Hij is lid van het centraal bestuur van de nijverheidsorganisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, en lid van het bestuur van het Nederlands Instituut voor Electrochemie en Electrowarmte. Ook bestuurt hij mede het Wetenschappelijk Radiofonds Veder. Hij is Fellow van het Institute of Electrical and Electronics Engineers („for his creative contribution to radio engineering in Holland, and his leadership in the

field of television, 1954"). Hij was vice-president van dit Institute in 1956. Van 1959 tot 1962 was hij voorzitter van de Benelux Sectie van het IRE, en van 1963 tot 1965 directeur van region 8 (Europe). In 1955 werd hij benoemd tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau.

Men mag van Rinia met zijn vele interessen niet verwachten, dat het einde van zijn periode als directeur van het Natuurkundig Laboratorium ook het einde van zijn actieve loopbaan als ingenieur zal betekenen. Toch kan men zich bij deze mijlpaal wel afvragen, wat hem zo'n bijzonder succesvol ingenieur heeft gemaakt. In de literatuur worden als kenmerken van de ingenieur genoemd: intellectuele vaardigheid, een levendig scepticisme, een voortdurende nieuwsgierigheid naar de manier waarop de dingen werken, het verlangen om iets te bouwen, optimisme, een gevoel voor wat economisch mogelijk is en waaraan behoefte bestaat, en een actief (door realisme iets geremd) idealisme. Tot de tekenen van dit laatste mag men wel de actieve deelname in het verenigingsleven en in Stichtingen rekenen.

Het zal weinig moeite kosten om te verifieren, dat Rinia al deze kenmerken bezit, met bovendien een zeer veelzijdige belangstelling, en het vermogen om wat in één onderdeel der wetenschap werd geleerd, naar behoefte op een geheel andere plaats toe te passen.

Wij wensen Ir. Rinia nog vele actieve jaren!

Eindhoven, november 1966 — Dr. F. L. Stumpers

UIT HET N.E.R.G.

Examencommissie

Verslag van het examen radiomonteur en radiotechnicus gehouden in het voorjaar 1966.

Radiomonteur

Het schriftelijk examen werd gehouden op 4 april 1966. De mondelinge examens vonden plaats op 23, 24 mei, 6, 7 en 14 juni.

	schriftelijk	mondeling	herexamen
deelgenomen	256	126	3
afgewezen	128	44	-
niet opgekomen	-	2	-
herexamen	-	3	-
geslaagd	128	79	3

Radiotechnicus

Het examen eerste deel werd gehouden op 18 april 1966. De examens voor het tweede deel vonden plaats op 31 mei, 1, 13 en 14 juni.

	Ie deel	IIe deel	herexamen
deelgenomen	236	72	2
afgewezen	190	31	-
herexamen	-	5	-
geslaagd	46	36	2

LEDENMUTATIES

Nieuwe leden

Ir. J. W. Coenders, Houthuizerweg 6, Lottum (L.).
Ir. G. J. M. Pappot, Oostsingel 88, Delft.
A. A. Spanjersberg, Beatrixstraat 15, Leiderdorp.

Voorgestelde leden

Ir. M. J. Ceuleers, 2e Jan van der Heijdenstraat 109, Amsterdam.
Ir. J. W. Slotboom, Jozef Israelslaan 92, Rijswijk (Z.H.).

Nieuwe adressen van leden

Ir. J. P. van Geuns, Van Nijenrodeweg 495, Amsterdam.
Ir. T. J. Schep, Stieltjesplein 16b, Rotterdam (correctie ledenlijst).
F. J. Soede, ICAO Technical Assistance Mission, Boite Postale 5041, Casablanca-Maarif, Maroc.

Bedankt als lid

Prof. Dr. C. J. Bouwkamp, Goorstraat 10, Eindhoven.
Ir. J. W. Th. M. A. Cramer, Wagenweg 19^1, Haarlem.
Dr. Ir. E. W. van Heuven, p.a. Philips, Lichtgroep, Eindhoven.
Ir. J. Hoogendoorn, Lindelaan 127, Rijswijk (Z.H.).
R. F. Kielstra, Rossinilaan 13, Hilversum.
Ir. F. H. Plas, Burg. Martenssingel 59, Gouda.